

# Puntos de interés

Descripción breve y sencilla de iniciativas docentes en nuestros colegios e institutos que han de ser resaltadas, de investigaciones relevantes de autores españoles o de extranjeros en instituciones españolas, y de otros hechos interesantes sobre ciencia y enseñanza, políticas educativa y científica y sus actores<sup>1</sup>

## USANDO UN *SMARTPHONE* POR INERCIA

Conoces tu *smartphone*? Por un precio asequible, dispones de un dispositivo con pantalla táctil, un procesador potente, conectado a internet y con numerosos sensores, cada vez de mejor calidad, controlados mediante aplicaciones gratuitas. Son verdaderos ordenadores de bolsillo y son fáciles de transportar. En tus manos **tienes una herramienta que puede ser muy útil** en la docencia de la Física Experimental.

Los sensores de un *smartphone* medio pueden ser válidos en multitud de experimentos básicos de Física. Por ello, se está desarrollando una línea de investigación que estudia cómo incorporar los sensores de estos *smartphones* en las prácticas de laboratorio. Se busca **aumentar el interés y la motivación de los estudiantes** por el estudio de la Física mientras descubren nuevas formas de usar este instrumento tan familiar.

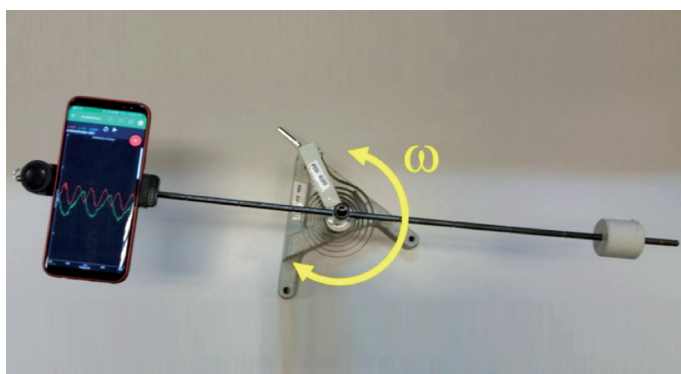
Aunque el uso de los *smartphones* como herramientas de medida es reciente, ya se han publicado más de 150 artículos en **revistas internacionales especializadas en docencia de la Física, tanto de educación secundaria como universitaria**. Algunas de las experiencias desarrolladas son curiosas y estimulan el interés por la ciencia, como las desarrolladas en parques de atracciones; otras, más sencillas, ayudan a verificar y clarificar los conceptos teóricos estudiados.

Un ejemplo típico de los primeros cursos de Fundamentos de Física es el **estudio del momento de inercia utilizando un péndulo de torsión**. Este modelo permite explorar el mo-

vimiento armónico, la segunda ley de Newton, la teoría del momento de inercia y el teorema del eje paralelo, todo en uno.

En un artículo publicado en *The Physics Teacher* (DOI: 10.1119/1.5098929), los profesores de Departamento de Física Aplicada de la ETS de Ingeniería del Diseño (ETSID) de la Universidad Politécnica de Valencia, Isabel Salinas, Marcos H. Giménez, Juan A. Monsoriu y Juan A. Sans, han monitorizado, haciendo uso de un *smartphone*, las aceleraciones normales y tangenciales durante el movimiento del sistema. Para ello fijan el teléfono en un extremo de la barra del péndulo y registran los valores para diferentes posiciones de la masa ubicada en la otra parte de la barra.

Como indica la Prof.<sup>a</sup> Isabel Salinas, **la pantalla del *smartphone* muestra, en tiempo real, la gráfica de las aceleraciones** y, además, el estudiante puede apreciar a simple vista la forma de la oscilación, comprobar que las aceleraciones normales son positivas, así como



la relación entre los períodos de las aceleraciones.

“A partir del período medio de oscilación se calcula la rigidez del muelle, se demuestra el teorema del eje paralelo y se describe el movimiento armónico de las oscilaciones del sistema”, añade la Prof.<sup>a</sup> Salinas. Para validar la metodología los autores comparan la rigidez del muelle con la obtenida aplicando un momento conocido.



Ilustración por gentileza de Alberto García Gómez (albertogg.com).

## EL GRAFENO EXPULSA AL AGUA DE SU SUPERFICIE

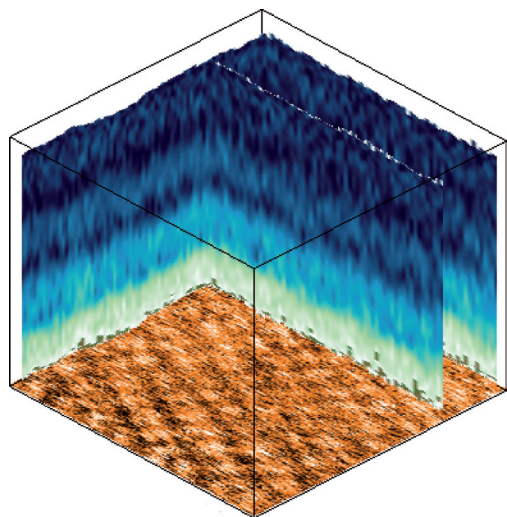
La primera imagen con resolución atómica de una **superficie de grafeno sumergida en agua** muestra que las moléculas de agua no están en contacto con la superficie del grafeno. La singularidad del grafeno y otros materiales 2D en términos de propiedades mecánicas, electrónicas y ópticas es muy conocida. Menos conocido es que **el grafeno y la mayoría de los nuevos materiales bidimensionales son hidrofóbicos**. En general, los nuevos materiales 2D presentan superficies muy extensas y sin defectos a escala atómica. De hecho son superficies modelo para estudiar interacciones hidrofóbicas.

**Las fuerzas hidrofóbicas tienen un papel fundamental en la formación de estructuras biológicas y en numerosas aplicaciones tecnológicas.** Una

interacción hidrofóbica no significa la existencia de una fuerza repulsiva entre las moléculas de agua y la superficie hidrofóbica. Más bien hay que entenderla como una situación donde la energía libre presenta un mínimo poco profundo, y que puede desestabilizarse con gran facilidad.

El grupo de investigación dirigido por el Dr. Ricardo García, del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid,

<sup>1</sup> Sección preparada por Augusto Beléndez, en colaboración con actores implicados, que anima a proponer contribuciones relevantes para ser consideradas aquí.



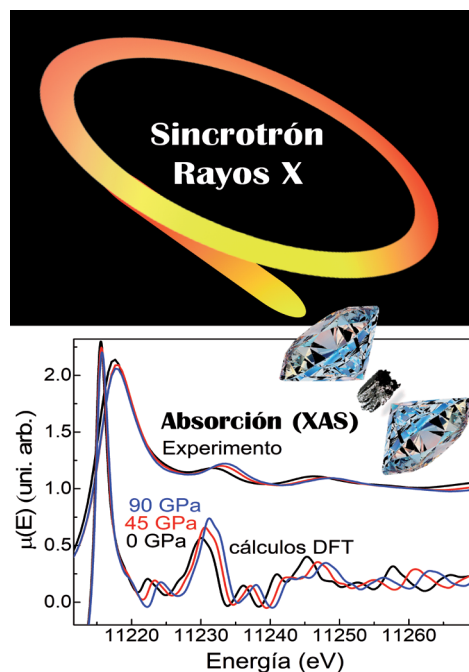
(CSIC) ha construido un microscopio de fuerzas que **permite observar con resolución atómica la interacción de moléculas de agua con una superficie sólida**. Las imágenes obtenidas en superficies de grafeno y posteriormente reproducidas en otros materiales 2D muestran un resultado sorprendente: el agua no está en contacto con la superficie sólida. En el trabajo publicado en *Nature Communications* (DOI: 10.1038/s41467-019-10740-w), cuyos autores son Manuel R. Uhlig, Daniel Martín-Jiménez y Ricardo García, se muestra que **entre el agua y la superficie de grafeno se interpone una barrera formada por moléculas hidrofóbicas de aproximadamente 2 nm de espesor**. La barrera hidrofóbica está formada por moléculas que de forma natural se encuentran disueltas en el agua como  $N_2$  o moléculas basadas en compuestos de carbono. Como señala el Dr. García, la presencia de gases disueltos en el agua líquida es inevitable al estar el agua en equilibrio con la presión ambiental. En otras palabras, **el resultado obtenido no es una consecuencia de emplear agua contaminada**. Los autores proponen que **la formación de barreras hidrofóbicas en una interfase sólido-agua es una propiedad universal que estará presente en cualquier superficie hidrofóbica sumergida en agua líquida**. De esta manera avances en microscopía de fuerzas han permitido resolver un problema que ha sido la fuente de numerosas controversias en el pasado. Y a la vez plantea interrogantes sobre **la influencia que esas barreras ejercen en las interacciones entre la superficie y las sustancias disueltas en el agua** (sales, proteínas, nanopartículas, etc.).

## IRIDIO: EN BUSCA DE UNA NUEVA TRANSICIÓN ELECTRÓNICA

**E**l iridio es un metal de transición, extremadamente raro en la corteza terrestre, pero cuya presencia es abundante tanto cerca del núcleo como en meteoritos impactados en la tierra.

Actualmente, la comunidad científica ha puesto toda su atención en este material debido a su **alta densidad, su resistencia a la corrosión y su estabilidad a muy altas presiones, más allá del megabar (1 millón de atmósferas), y a temperaturas superiores a los**

Padrón, investigadora contratada Juan de la Cierva (Universitat de València), en la que participan otros científicos de centros de investigación españoles, como son Juan Ángel Sans Tresserras (Universitat Politècnica de València), Vera Cuartero Yagüe (Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza), Catalin Popescu (Sincrotrón español, ALBA) y Daniel Errandonea (Universitat de València), **se ha presentado un estudio estructural y electrónico del iridio bajo muy alta presión. Las técnicas utilizadas fueron difracción y absorción de rayos X que se realizaron en el “European Synchrotron Radiation Facility”**. En este estudio se observa cómo el iridio mantiene su estructura cristalina inalterada hasta



**2.000 °C**. Un estudio reciente le ha atribuido además unas interesantes propiedades electrónicas. Se ha propuesto que **el iridio exhibe una nueva transición electrónica, inducida por la presión, llamada “Core-Level Crossing” (CLC)**. Tal transición implica un cruce de los niveles de energía profundos 5p y 4f. Esta interacción entre niveles internos afecta a los electrones de valencia, que son los involucrados en formar enlaces y, por tanto, los responsables de sus propiedades estructurales, electrónicas y termodinámicas, formando un nuevo estado de la materia.

En el trabajo publicado en la revista *Scientific Reports* (DOI: 10.1038/s41598-019-45401-x), una colaboración internacional liderada por Virginia Monteseuro

**1.4 Mbar y se reporta un valor más preciso de su módulo de bulk, un parámetro intrínseco que describe su resistencia a la compresión. El iridio posee un módulo de bulk de  $339 \pm 3$  GPa, un valor tan solo un 24 % inferior al del diamante (442 GPa), el material más duro conocido hasta la fecha. Además, en este trabajo se describe cuál es la energía implicada en la interacción entre los electrones de valencia y los internos. Esta energía es muy baja comparada con las otras que describen al metal y, por lo tanto, difícil de detectar**. Este resultado es un primer paso para entender cómo el CLC afecta a la estructura de los materiales y ofrece una guía en la búsqueda de métodos experimentales más sensibles a tal perturbación.



## ESPAÑA LIDERARÁ UN PROYECTO EUROPEO SOBRE ESPACIO-TIEMPO CUÁNTICO Y MENSAJEROS CÓSMICOS

El pasado 14 de marzo arrancó oficialmente la **Acción COST CA18108**, “**Quantum gravity phenomenology in the multi-messenger approach**”, proyecto europeo coordinado desde España que involucra a investigadores afiliados a instituciones de 34 países, 27 de ellos europeos.



El objetivo del proyecto es la exploración teórica y experimental de las consecuencias de una posible estructura cuántica del espacio-tiempo (cuya escala natural sería la escala de Planck,  $10^{-35}$  m). La idea es contrastar diferentes modelos de gravedad cuántica utilizando las propiedades de “mensajeros cósmicos” que, provenientes de fuentes astrofísicas, nos llegan tras haber recorrido distancias enormes. Estos “mensajeros cósmicos” son rayos gamma, neutrinos, rayos cósmicos y ondas gravitacionales. Un análisis global que siga una estrategia de tipo “multimensajero” podría resultar **esencial para encontrar señales o imponer restricciones que permitan elaborar una teoría de la gravedad cuántica**.

La Acción COST recientemente aprobada pretende crear un foro de discusión y colaboración entre **físicos teóricos interesados en gravedad cuántica** (con un énfasis en la fenomenología) y **físicos experimentales que trabajan en la detección de las cuatro categorías de mensajeros cósmicos**. Además, un segundo objetivo importante consiste en contribuir a la formación de jóvenes investigadores en

los diferentes aspectos (tanto teóricos como experimentales) de este campo de investigación.

El protagonismo de la física española en este proyecto es muy destacado, ya que está coordinado por José Manuel Carmona, de la Universidad de Zaragoza, y la entidad que gestionará económicamente el proyecto será el Instituto de Física de Altas Energías de Barcelona, representado por Manel Martínez. El resto de miembros españoles en el Comité de Gestión del proyecto son Mariam Tórtola (Instituto de Física Corpuscular de Valencia), Sergio Navas (Universidad de Granada), Alicia Sintès (Universidad de las Islas Baleares), y Marcos López Moya (Universidad Complutense de Madrid).

La Acción se vertebra en **seis grupos de trabajo**: “Modelos teóricos para efectos gravitatorios por debajo de la energía de Planck” (coordinador: Christian Pfeifer, Universidad de Tartu, Estonia); “Fenomenología de la gravedad cuántica” (coordinador: Flavio Mercati, Universidad de Nápoles, Italia); “Rayos gamma” (coordinadora: Dijana Dominis Prester, Universidad de Rijeka, Croacia); “Neutrinos” (coordinador: Rodrigo Gracia-Ruiz, Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Alemania); “Rayos cósmicos” (coordinador: Armando di Matteo, INFN Turín, Italia) y “Ondas gravitacionales” (coordinadora: Tanja Hinderer, Univer-

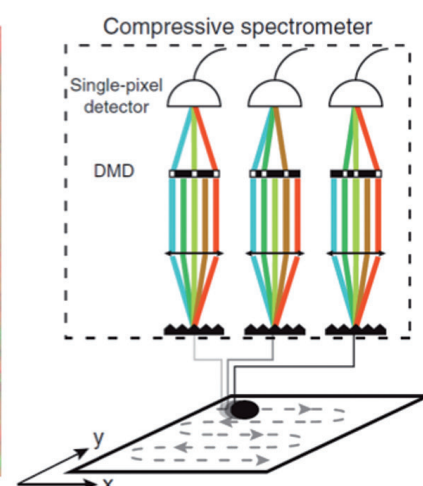
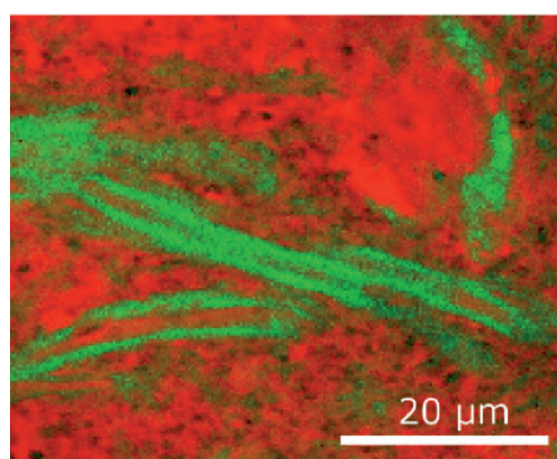
jcarmona@unizar.es. La primera actividad conjunta de la Acción será un *workshop* a celebrar en Barcelona del 2 al 4 de octubre próximo.

Más información: <https://www.cost.eu/actions/CA18108> y [https://twitter.com/COST\\_QGMM](https://twitter.com/COST_QGMM)

## POTENCIANDO LA MICROSCOPIA RAMAN GRACIAS A LAS PLATAFORMAS DIGITALES DE STREAMING

Durante las últimas décadas, las técnicas de imagen multispectral han tomado una relevancia enorme en el campo de la biología. Dichas técnicas **permiten obtener imágenes sobre la composición química de muestras biológicas con radiación no ionizante y de manera no invasiva**, lo cual es de especial interés tanto en el diagnóstico como en el tratamiento médico.

Dentro de este grupo destaca la microscopía Raman, **basada en la dispersión Raman de los fotones cuando estos interactúan con una molécula**. En este proceso, una parte de la energía de los fotones se cede a la molécula, excitando distintos modos vibracionales de la misma. Dado que la distribución



sidad de Ámsterdam, Holanda). El vicedirector de la Acción es Giovanni Amelino-Camelia, de la Universidad de Nápoles, Italia.

Las personas interesadas en unirse a esta Acción COST pueden contactar con el coordinador a través del *e-mail*

de niveles depende de la estructura molecular, el análisis del espectro luminoso tras la interacción fotón-molécula permite identificar, de manera unívoca, las especies moleculares presentes en una muestra sin necesidad de marcadores químicos.

Sin embargo, esta técnica no está exenta de limitaciones. Por una parte, la cantidad de información que se genera cada segundo resulta muy difícil de gestionar (un laboratorio corriente de biología puede generar *terabytes* de información en cuestión de horas). Además, **debido a que la dispersión Raman es un fenómeno poco probable, la obtención de imágenes en tiempo real es un reto todavía por resolver, ya que la relación señal-ruido tiende a ser muy pequeña.**

Para afrontar estas limitaciones, los investigadores Fernando Soldevila y Enrique Tajahuerce, del Grupo de Investigación en Óptica (GROC) de la Universitat Jaume I, en una colaboración con los investigadores Jonathan Dong, Sylvain Gigan y Hilton B. de Aguiar, del Laboratoire Kastler Brossel (LKB) de Francia, han desarrollado un **nuevo sistema de microscopía multiespectral** basado en muestreo compresivo y en los algoritmos que utilizan plataformas como Netflix para recomendar contenido a sus usuarios. En el trabajo publicado en la revista *Optica* (DOI: 10.1364/OPTICA.6.000341) muestran como dichas plataformas clasifican los usuarios en distintas categorías según sus gustos. Como señala el Prof. Tajahuerce, aunque existen millones de usuarios, es relativamente fácil dividirlos en un número reducido de categorías, y por lo tanto se puede recomendar contenido a cada uno en función de la clase a la que pertenece. A pesar de que puedan parecer mundos muy distintos, el problema en imagen Raman es muy similar. Si bien existen infinitud de espectros Raman distintos, en una muestra biológica es normal tener un número muy reducido de especies químicas (decenas a lo sumo), lo cual **permite utilizar las mismas ideas para, con una cantidad de información muy pequeña, poder identificar cada región de la muestra como una u otra especie química.**

Así, es posible disminuir tanto el tiempo de medida como el tamaño de los archivos que es necesario transmitir y almacenar. De esto modo, los investigadores obtuvieron imágenes de tejido cerebral, como la que se muestra en la figura adjunta, a velocidades superiores a las técnicas convencionales

de microscopía Raman. En el futuro, **los autores pretenden aplicar esta técnica a distintas muestras biológicas y desarrollar nuevos algoritmos para obtener imágenes de muestras *in vivo*.**

## MOLÉCULAS CON CALCIO EN EL ESPACIO

**R**ecientemente, tras analizar los datos obtenidos con el radiotelescopio de 30 m del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), un equipo de investigación multidisciplinar liderado por el Prof. José Cernicharo (IFF-CSIC) ha detectado **isocianuro de calcio** en la envoltura circunestelar de la estrella evolucionada rica en carbono IRC+10216.

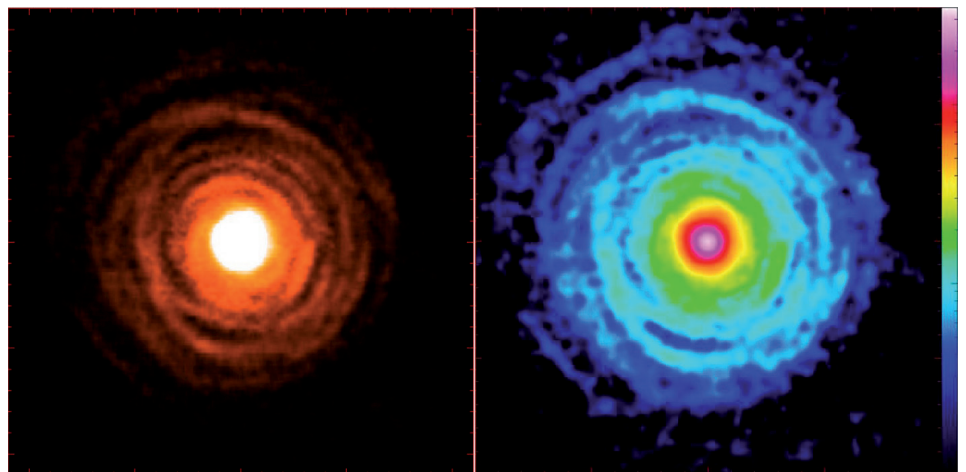
**Las estrellas evolucionadas** son estrellas de tamaño medio en sus últimas etapas de vida que aumentan su tamaño y expulsan el material que las compone en forma de capas y de manera paulatina (al contrario que las

que se formen alrededor de estrellas jóvenes lo harán esencialmente a partir de dichos granos de polvo.

Por tanto, la detección de **moléculas metálicas** en el espacio es un paso importante para comprender la química de las envolturas circunestelares y determinar cuántos de estos metales se encuentra en fase gas y cuántos se han depositado sobre los granos de polvo expulsados por la estrella en las últimas fases de su vida.

El **calcio**, un elemento esencial en los minerales del planeta Tierra y de otros cuerpos sólidos del sistema solar, que además juega un papel importante en la formación de las estructuras óseas de los seres vivos, no había sido detectado hasta ahora en el espacio interestelar formando moléculas poliatómicas con otros elementos.

“La detección del isocianuro de calcio en este entorno es un paso más para comprender la evolución físico-química del medio interestelar y, además, un pequeño avance para comprender la contribución de dichas especies metá-



supernovas, estrellas de mucha masa que estallan por colapso gravitatorio). Estrellas como nuestro Sol pasarán por esta fase, denominada de gigante roja, enriqueciendo su entorno al aportar al medio interestelar los elementos en forma de moléculas y, en una pequeña proporción, granos de polvo.

Los **metales** son elementos que tienden a condensarse en estos granos de polvo que, una vez incorporados a las nubes del medio interestelar, van a jugar un papel esencial en la evolución físico-química de dichos objetos. En particular, todos los planetas rocosos

licas a la composición de los granos de polvo y, por lo tanto, a nuestros propios orígenes”, destaca Cernicharo.

El trabajo, publicado en *Astronomy & Astrophysics* (DOI: 10.1051/0004-6361/201936040), se ha realizado empleando **MADEX, un código para el estudio espectroscópico del medio interestelar** elaborado y perfeccionado por el equipo dirigido por Cernicharo. Además de MADEX, se han utilizado modelos químicos muy elaborados que analizan el origen de las emisiones observadas, así como los mecanismos de formación de esta especie molecular.